

대형 열진공챔버용 직경 900mm 시준장치의 광기계 구조설계

Opto-mechanical Structures Design of 900mm Collimator for Large Thermal Vacuum Chamber

김중운, 강명석, 양승욱, 김이을, 김홍배*, 양호순**, 이윤우**

(주)셋트렉아이, *한국항공우주연구원 우주환경시험그룹, **한국표준과학연구원 나노광계측그룹
jukim@satreci.com

고해상도 지구관측 임무의 필요성이 제기됨에 따라 지구관측 탑재체의 광기계 크기가 대형화되고, 이러한 탑재체의 지상 성능평가를 위해서는 대형 시준장치가 필요하게 된다. 현재 한국표준연구원이 주관하고 셋트렉아이와 한국항공우주연구원이 참여하여 열진공챔버에서 사용가능한 직경 900mm 시준장치를 공동으로 개발하고 있으며, 본 논문에서는 셋트렉아이에서 수행중인 시준장치의 광기계 구조설계 결과를 요약하였다.

한국표준과학연구원에서는 광학설계, 조립, 평가, 그리고 주경과 부경의 제작을 담당하고 (주)셋트렉아이는 광기계 구조설계, 한국항공우주연구원은 대형열진공챔버 내에서 시험 및 운용을 담당하게 된다. 시준장치 기계구조물을 설계하기 위해서는 구조적인 강성과 강도 이외에도 자중과 온도변화에 의한 주반사경(primary mirror)과 부반사경(secondary mirror)의 파면오차(wave-front error) 변화량, 광학요소들의 상대적인 거리변화 등을 고려하여야 한다.⁽¹⁾ 광기계 구조물을 설계하기 위하여 필요한 요구조건은 표 1과 같다.

범 주	대 상	허용오차	참 조
측정 중 환경에 의한 광학정렬오차	주/부경 거리변화	< 0.5 μm	온도변화($\Delta T=0.5^\circ\text{C}$)
	주/부경 축간 거리변화	< 10 μm	자중, 온도변화
광학요소의 기계적 변형	주경	< 0.01 λ rms WFE	자중, 온도변화
	부경	< 0.005 λ rms WFE	
초점조절	부경의 축방향 조절	최대 $\geq \pm 2.0 \mu\text{m}$ 분해능 < 0.1 μm	초점조절기구 온도제어 20 \pm 3 $^\circ\text{C}$
시스템	무게	< 700 kg	
	고유진동수	> 20 Hz	
	전체 길이(주/부경부)	< 2.5 m	

표 1 시준장치의 광기계 설계 요구조건

표 1의 요구조건을 만족시키는 시준장치 기계구조를 설계하기 위해 주경은 두 줄의 chain으로 지지하고, 부경은 유연구조물(flexure)을 사용하여 지지하였다.⁽¹⁾ 부경의 지지구조물에 히터를 장착하여 온도변화에 따라 부경의 광축방향 미소변위를 강제로 발생시킴으로 초점을 조절할 수 있도록 하였다. 또한 운용 중 온도변화에 의한 주경과 부경 사이의 거리변화를 최소화할 수 있도록 복합재료 metering rod를 이용하여 주구조물을 설계하였다.⁽²⁾ 직경 900mm 시준장치는 열진공챔버 내에서 운용되기 때문에 복합재료 metering rod는 운용 중 온도변화와 진공에 의한 수분 방출에 의해 팽창 및 수축하게 된다. 이러한 열팽창과 수분흡수율에 의한 변형을 고려하여 적층각을 설계하여야 하는데 시준장치의 metering rod로 사용할 복합재료는 강성이 크고 수분흡수율이 적은 M55J/Cyanate 954-6이 사용되었으며, 이에 대한 물성치를 이용하여 치수안전성에 대한 설계요구조건을 만족하는 적층각을 찾아 metering rod를 설계하였다. 설

계된 시준장치의 자중과 온도변화에 따른 성능을 광기계 구조해석을 통하여 검증하였다. 해석결과는 표 2에 나타내었으며 설계 요구조건을 만족함을 알 수 있다.

범주	대상	해석결과	설계요구조건	
시스템	고유진동수	21 Hz	> 20 Hz	
	무게	610 kg	< 700 kg	
	전체 길이(주/부경부)	2.1 m (전체 3.0 m)	< 2.5 m	
광학요소의 기계적 변형	자중	주경	$\lambda/120$ rms	< 0.01λ rms
		부경	$\lambda/297$ rms	< 0.005λ rms
	온도변화	주경	$\lambda/195$ rms	< 0.01λ rms ($\Delta T=3^\circ\text{C}$)
		부경	$\lambda/637$ rms	< 0.005λ rms ($\Delta T=3^\circ\text{C}$)
측정 중 환경에 의한 광학정렬오차	주/부경 장착부 거리 변화	$0.02 \mu\text{m}$	$\approx 0 \mu\text{m}$	
	주/부경 거리변화	$0.03 \mu\text{m}$	< $0.5 \mu\text{m}(\Delta T=0.5^\circ\text{C})$	
	주/부경 축간 거리변화	$1.8 \mu\text{m}$	< $10 \mu\text{m}(\Delta T=0.5^\circ\text{C})$	
초점조절	부경의 축방향 조절거리	$\pm 3.6 \mu\text{m} (\Delta T=3^\circ\text{C})$	최대 $\geq \pm 2.0 \mu\text{m}$ 분해능 < $0.1 \mu\text{m}$	

표 2. 시준장치의 광기계 구조해석결과

그림 1은 설계되어진 직경 900mm 시준장치의 형상을 나타낸다. 현재 부반사경의 가공은 완료된 상태이고 주반사경은 가공중에 있으며, 구조물은 상세 설계가 완료된 상태이다. 복합재료의 소재가 입고되는 대로 제작하여 특성을 검증할 계획이며, 주반사경과 구조물의 제작이 완료되는 10월부터 한국항공우주연구원에서 조립 및 평가가 이루어 질 계획이다.

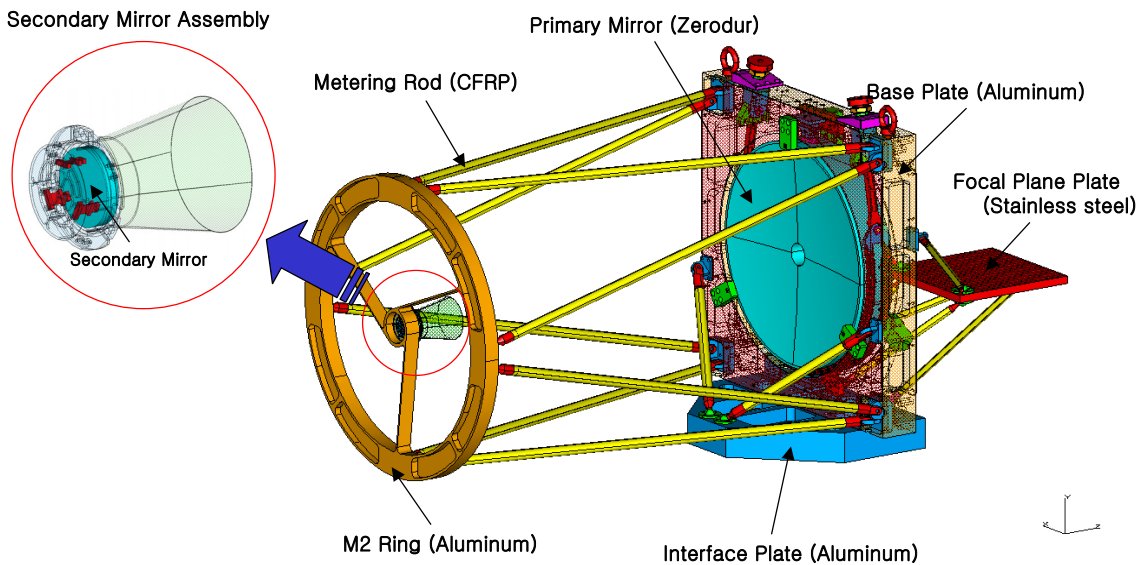


그림 1. 직경 900mm 시준장치의 형상

참고문헌

1. Paul R. Yoder, JR, "Opto-Mechanical System Design, 2nd Ed.", (Marcel Dekker, Inc, 1993).
2. 김종운, 강명석, 양승욱, 김이을, 최영완, 김도형(세트렉아이), 양호순, 이윤우(한국표준과학연구원), "구경 450mm Cassegrain Type 시준장치의 기계구조 개발", 한국광학회 하계학술발표회, 2004, P234-P235.